



УДК 621.165.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИКИ СТУПЕНЕЙ ОКОЛООТБОРНОГО ОТСЕКА ТУРБИНЫ

MODELLING FLUID DYNAMICS OF TURBINE STAGES LOCATED NEAR STEAM EXTRACTION

Рубцов Владимир Георгиевич, аспирант каф. «Турбины и двигатели», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: rwge@yandex.ru, Тел.: +7(950)564-97-52

Лотник Григорий Романович, бакалавр каф. «Турбины и двигатели», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: grigorii66@bk.ru, Тел.: +7(912)685-87-10

Плотников Петр Николаевич, д-р. техн. наук, профессор каф. «Турбины и двигатели», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: plot24@mail.ru. Тел.: +7(922)221-50-27

Vladimir G. Rubtsov, Graduent student, Department «Turbines and engines», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Yekaterinburg, Russia. E-mail: rwge@yandex.ru. Ph.: +7(950)564-97-52

Grigory R. Lotnik, Bachelor of Department «Turbines and engines», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Yekaterinburg, Russia. E-mail: grigorii66@bk. Ph.: +7(912)685-87-10

Petr N. Plotnikov, Doctor Sc., Prof., Department «Turbines and engines», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Yekaterinburg, Russia. E-mail: plot24@mail.ru. Ph.: +7(922)221-50-27

Аннотация: Ставится задача проведения газодинамического анализа околоотборного отсека 19-20 ступеней турбины типа Т-100 производства АО «УТЗ». Описывается рассчитываемая модель околоотборного отсека с указанием зон, в которых возможно нарушение равномерного потока. Определяются основные этапы расчёты и ожидаемые результаты.

Abstract: The purpose of this work is computational fluid dynamics of turbine stages № 19, 20 located near steam extraction. Design of stages model is described. The main steps of calculations and expected results are presents.

Ключевые слова: рабочая лопатка; сопловая лопатка; камера отбора; газодинамический анализ.

Key words: work blade; nozzle blade; steam extraction; computational fluid dynamics.

Для обеспечения надежности паровых турбин необходимо детальное исследование всех факторов, влияющих на её работу. Учитывая значительный опыт эксплуатации паровых турбин на территории России, а также в странах ближнего зарубежья можно с определенной точностью выявить зоны, наиболее часто подверженные повреждениям и поломкам, ведущим к остановам турбины или к значительному снижению её эффективности.

Так на ряде станций, эксплуатирующих турбины типа Т-100 производства АО «УТЗ» зафиксированы поломки рабочих лопаток 20 ступени [1]. Учитывая, что данная ступень располагается за камерой отбора в подогреватель низкого давления, следует более детально изучить течение пара в отсеке с данной ступенью.

На данный момент известно, что исследованием вопроса течения рабочего тела в околоотборных ступенях занимались в ХПИ, ХТГЗ, ЛМЗ, ИПМаш (Украина), ВТИ, БИТМ, МЭИ и СПбГТУ. При этом интерес представляет применение современных вычислительных комплексов, позволяющих решать задачи газодинамического анализа для определения причин поломок лопаток 20 ступени турбин типа Т-100.

Для решения задачи газодинамического исследования необходимо выполнение модели, которая с достаточной точностью описывает исследуемый фрагмент проточной части, включающий в себя рабочие лопатки, сопловые лопатки 19 и 20 ступени, а также модель камеры отбора пара. Построение трехмерных моделей

рабочих и сопловых лопаток осуществляется в программной среде Creo Parametric 3.0.

Для построения пера рабочей части необходимо путем эскизирования на соответствующем диаметре получить профили пера, соблюдая, при этом, требование касательности в точках соединения дуг профиля, что позволяет получить перо рабочей лопатки с равномерной поверхностью без ступенчатости. После этого, последовательным сопряжением профили соединяются, тем самым формируются поверхности спинки, корытца, а также входных и выходных кромок. Аналогично построению рабочих лопаток выполняются модели сопловых лопаток с учетом их наклона в тангенциальном направлении (см. рис.1).

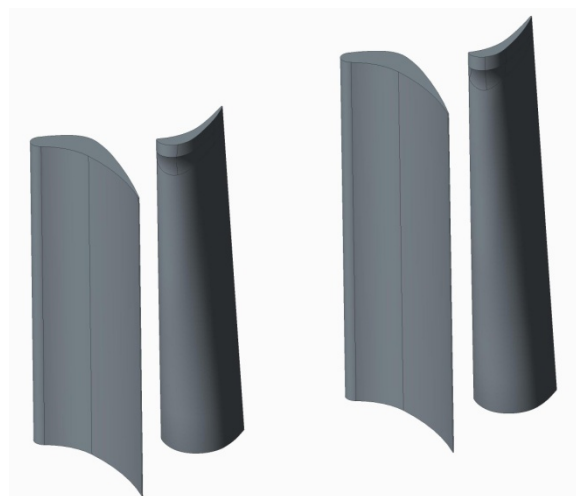


Рис. 1 Трехмерные модели рабочих и сопловых лопаток.

Камера отбора пара формируется поверхностями обойм диафрагм, а также внутренней поверхностью цилиндра турбины. Модели обойм выполняются инструментом «вращение» относительно оси турбины с последующим добавлением горизонтальных разрезов, а также остальных элементов конструкций.

Особое внимание следует уделять горизонтальным разрезам обойм в камере отбора пара, т.к. данные конструктивные элементы могут являться причиной нарушения равномерного течения рабочего тела.

Для проведения газодинамического анализа используется программный пакет Ansys CFX. Основной задачей является получение представления о течении пара в околоотборном отсеке при различных режимах работы турбины, определение зон с максимальной неравномерностью потока, определение градиентов температур и давлений по

поверхностям рабочих и сопловых лопаток, построение линий тока рабочего тела.

Для возможности оценки влияния камеры отбора на течение рабочего тела в проточной части предполагается выполнение ряда расчетов:

- проведение расчета без учета наличия камеры отбора для получения представления оптимального течения пара в отсеке. Модель включает рабочие и сопловые лопатки 19 и 20 ступеней с указанием меридиональных обводов

- моделирование течения пара в отсеке с камерой отбора. В данном варианте добавляется равномерная в окружном направлении камера, т.е. без учета горизонтальных разрезов обойм (см. рис.2);

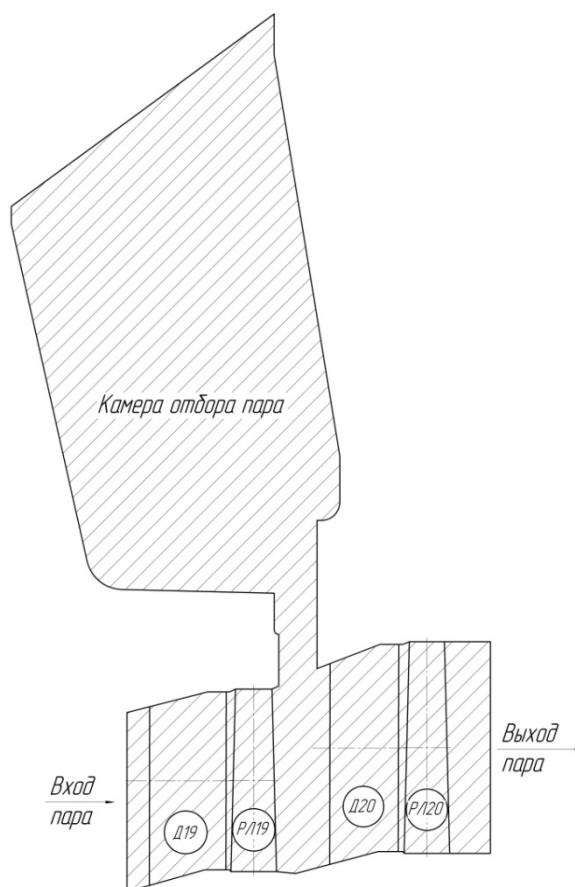


Рис.2. Эскиз проточной части с камерой отбора

-газодинамический анализ с учетом горизонтальных разрезов диафрагм и обойм. Данный анализ представляет собой наиболее приближенный к реальной конструкции.

Такой подход дает возможность получить наглядное представление об изменении течения пара при организации в проточной части камеры отбора, в самой камере отбора, а также определить пути возможного улучшения конструкции с целью

повышения качества течения пара и уменьшения нагрузок на лопаточный аппарат.

Последовательность проведения газодинамического расчета околоотборного отсека после выполнения трехмерных моделей рабочих и сопловых лопаток следующая:

-импорт выполненных в программном пакете Creo Parametric моделей рабочих и сопловых лопаток в интерфейс Ansys Workbench;

-создание эскизов меридиональных обводов проточной части, границ входа и выхода каждого ряда лопаток и камеры отбора. Данное эскизирование выполняется в пакете Design Modeller;

-создание сетки конечных элементов в пакете Ansys Turbogrid. Количество конечных элементов выбирается из соотношения качества получаемых результатов и времени расчета;

-задание свойств пара и граничных условий. Для сокращения требуемых ресурсов компьютера и времени расчета на боковых границах расчетной области установлены граничные условия периодичности. (см. рис. 3)

-после задания всех граничных условий и параметров решателя производится непосредственно сам газодинамический расчет с последующим анализом полученных решений.

Для проведения расчетов используются параметры пара, соответствующие номинальному режиму, а именно полные параметры пара на входе в диафрагму 19 ступени и статическое давление на выходе из рабочей лопатки 20 ступени, частота вращения ротора $n=3000$ об/мин.

Выполнение расчетов на отличных от номинального режимах позволит провести оценку влияния рабочих условий на надежность лопаточного аппарата.

Исследование течения пара в проточной части с камерой отбора, учитывая все особенности конструкции, режимов работы турбины является одной из первоочередных и наиболее важных задач при исследовании вопросов надежности лопаточного аппарата, работающего в условиях неравномерного потока пара.

Проведение газодинамического анализа является одним из этапов по исследованию околоотборных ступеней, целью которых является разработка унифицированной методики прочностного расчета рабочих лопаток данных ступеней.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рубцов В.Г., Плотников П.Н. Применение междисциплинарного анализа при расчете рабочих лопаток околоотборных ступеней. Труды 1-ой научно-технической конференции молодых ученых Уральского энергетического института. Екатеринбург: ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», 2016. С. 111-113.

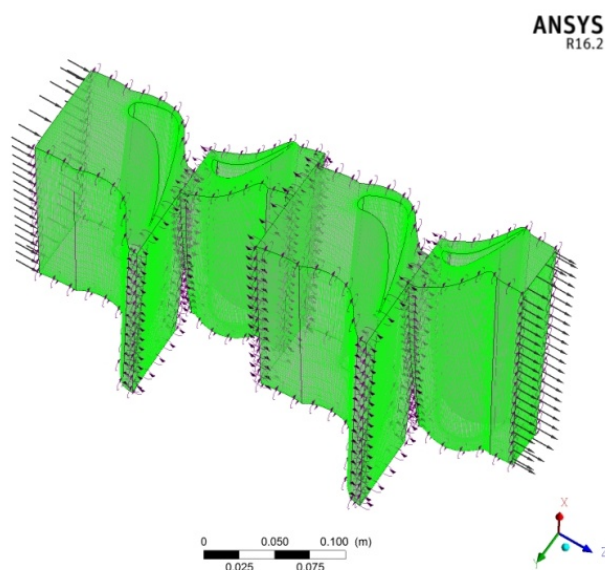


Рис. 3. Расчетная модель околоотборного отсека